

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.050

受限空间内大直径盾构整体式过站施工关键技术研究

陈江^{1,2}

[1.华东政法大学 基建处,上海市 200042; 2.上海城投公路投资(集团)有限公司,上海市 201620]

摘要:北横通道工程位于上海市区中心区域,城市界面繁华复杂,因设置车辆出入匝道,建设过程中盾构工作井数量多、间距短,采用传统的小直径盾构过站方式对社会交通影响大、耗时长、成本高。北横通道大直径盾构隧道工程探索采用拼装临时管片推进的盾构机整体式过站施工工艺,实现安全快速过站,基于北横通道 VIII 标段工程,详细介绍施工工艺流程,给出工程的施工工艺和重难点,为同类工程施工提供技术参考。

关键词:北横通道;大直径盾构;受限空间;整体式过站

中图分类号:U455.7

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2024)11-0213-04

0 引言

上海市北横通道是横贯上海中心城的多点进出长距离地下通道,采用大直径盾构机非开挖工艺实施。全线设置多处出入口匝道,通过在主线设置匝道工作井并开挖实施^[1],因此,盾构机在区间施工至工作井位置处,需过站至下一区间继续施工。考虑到工作井周边空间受限,大型起重吊装设备无法正常部署使用,导致采用分离式过站技术应用难度较大,经多方案比选与技术论证,盾构机整体式空推过站成了北横通道盾构机过站的首选。

现阶段常用的小直径盾构机空推过站方式主要有 2 种,分别是整体式过站和分离式过站。两种过站方式在目前的盾构机过站中均有应用。其中,分离式过站适用条件灵活,可适用于吊装条件较好、工期充足的情况。杨云飞^[2]以佛山地铁 2 号线工程石梁站盾构过站工程为背景,对盾构分离式过站方法进行了详细的介绍。姚燕明^[3]基于宁波轨道交通 4 号线某段区间过站工程,详细阐述了其研发的新型可拆解式盾构分离式过站的新方法,解决了狭窄空间内盾构机整体过站困难的问题。相较于分离式过站,整体式过站更适用于过站空间紧张,大型吊装设备操作条件较差、工期紧张的情形。徐鹏^[4]以西安地铁 4 号线和平门站盾构空推过站施工为例,通过自进式过站小车技术,实现盾构循环推进。杨立伟^[5]结合成

都地铁 6 号线,利用轨道反力装置提供空推过站反力,理论推进速度达 30 m/h,极大地缩短了工期。刘小刚等^[6]结合北京市轨道交通 16 号线工程实例,研发了一种采用插销式反力支座及多孔式钢轨组成的推进系统,解决了盾构主机与后配套分离拖拉过站再组装的施工难题。

北横 VIII 标盾构工程,采用盾构机直径 15.56 m 施工,由于交通组织难度大、施工围场空间狭窄受限等因素制约,若采用分离式过站,则严重影响工期;若采用传统的整体式过站工艺,则由于本盾构机自重较大、设置推进反力装置难度较大而难以实现。因此本文在改进传统的整体式过站施工工艺的基础上,设置基座轨道,采取拼装临时管片,将盾构机整体推进直接过站。本文结合北横 VIII 标盾构机工程过站实例,研究总结形成一套受限空间内大直径盾构机整体式快速空推过站施工工法。

1 工程概况

北横通道 VIII 标盾构工程盾构隧道段范围为黄兴路西端头井—杨树浦东端头井、杨树浦西端头井—安国路东端头井,两区间共长 2 841.73 m。盾构机由黄兴路工作井始发,先后穿越内环高架、穿越杨树浦港井匝道区域于杨树浦港东端头井接收,盾构机从杨树浦港工作井东端头移动至西端头,在杨树浦港工作井内完成盾构过站,而后进行下一区间掘进。

杨树浦港工作井深度大,深 30.5 m,平面尺寸为 74.8 m × (24.4 ~ 34.8 m),杨树浦港工作井俯视图及

收稿日期:2024-01-11

作者简介:陈江(1981—),男,本科,工程师,从事大型基础设施工程建设管理工作。

纵剖面见图1。同时杨树浦港工作井周边环境复杂,临近匝道和杨树浦港,周边建筑物密集,工作井临近交叉路口,地面社会交通组织难度大,施工作业受限,不宜采用分离式过站方式。杨树浦港工作井周边环境如图2所示。

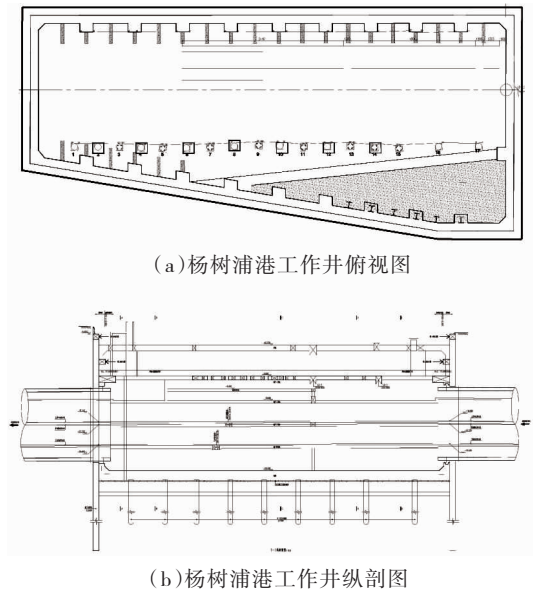


图1 杨树浦港工作井俯视及纵剖图

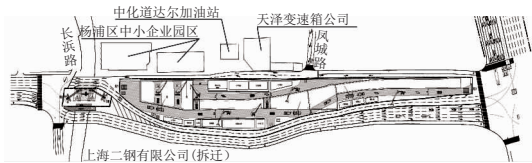


图2 杨树浦港工作井周边环境示意图

本工程采用的是超大型泥水气压平衡式盾构掘进机,直径为 $\phi 15.56\text{ m}$,盾构后配套设备包括3节车架和1节桥架,车架及桥架总长为78.2 m。

2 重难点分析

2.1 盾构过站轨迹控制精度要求高

本工程采用的盾构直径为 $\phi 15.56\text{ m}$,盾构推进油缸共计19组,盾构正常掘进阶段使用19组油缸推进,因过站阶段仅能使用部分油缸进行推进,故盾构推进方向纠偏能力较弱,需确保盾构机在既定基座轨道上按照既定轨道轴线推进。

盾构过站轨迹控制系统主要采用CAD轨迹模拟系统,模拟进洞段轴线、盾构姿态,以东侧接收洞门与西侧始发洞门中心的连接轴线作为盾构机推进过站轴线予以控制。

2.2 盾构后座管片稳定性要求高

盾构机平推过站使用部分管片作为盾构机过站后座,需确保后座管片稳定,以保证平稳过站。

该工程使用盾构机底部区域推进油缸进行过站

推进,一定程度上可以避免“磕头”现象。同时,基座两侧安排专职人员进行观察,一旦发现盾构机“啃轨”“磕头”现象,及时调整相反方向千斤顶油缸,保证后座管片稳定。

3 过站施工工艺

3.1 施工工艺流程

本工程采用整体式盾构机过站,选择临时拼装管片作为盾构机推进反力后靠,进洞盾构接收基座为混凝土基座。西线盾构进洞后,盾构推进至接收基座上,而后逐环拼装过站临时管片,盾构机沿基座轨道平推过站。盾构过站施工工艺流程如图3所示。

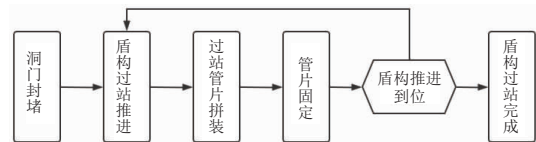


图3 施工工艺流程

3.2 施工准备

施工准备工作主要包括材料设备的准备、洞门复核准备、接收井内布置、刀盘姿态调整准备等。

3.2.1 材料、设备准备

主要施工材料如表1所列,主要设备如表2所列。

表1 主要施工材料

序号	名称	型号	数量	总数量
1	管片	过站安全专项	1	26环
2	口子件	过站安全专项	1	26块
3	螺栓	M39/M30	16	416根

表2 主要设备

设备名称	规格	数量	单位
盾构	15.56 m 泥水平衡盾构	1	台
水平运输车辆	双头车 / 斯太尔卡车	7	台
行车	32 t/60 t	2	台

3.2.2 洞门复核

洞门复核是盾构姿态控制的重要环节。盾构过站的测量是评估盾构到达接收时的姿态和拟定盾构过站的施工轴线、推进坡度的控制值和施工方案等的重要依据,以使盾构在此阶段的施工中始终按预定的方案实施,确保良好的姿态到达接收及良好姿态过站。

盾构推进至距离接收100环左右,做一次洞门圈复测。通过坐标法进行始发接收井门洞中心位置测定。

3.2.3 接收井内布置

(1)制作盾构接收基座

进洞盾构接收基座为混凝土基座,盾构进洞后将盾构搁置在基座上进行平推过站。基座坡度按照平坡安放,略低于过站段设计坡度,进洞过程中将逐渐调整盾构机坡度,尽量以平坡姿态进洞。过程中若发现盾构机与基座之间间隙较大,将在盾构机与轨道间放置垫块确保安全。

(2)制作与安装进洞气囊

为防止盾构进洞过程中外部泥沙涌入井内,在井内钢洞圈上布置一圈应急止水气囊。在盾构进洞过程中,当刀盘完全穿过气囊后,打开气囊,封闭进洞过程形成的建筑空隙,减小进洞施工风险。气囊使用阶段如图5所示。

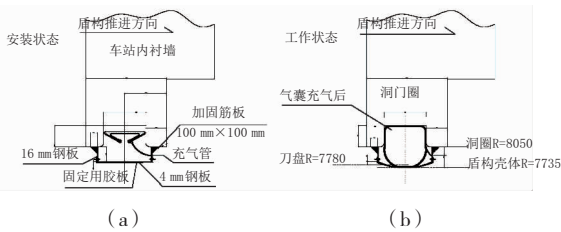


图5 工作井气囊布置图

3.2.4 盾构刀盘姿态调整准备

盾构机从掘进状态转换到基座上时,需要考虑到要避开刀具位置,刀盘须进行空间姿态调整,以防止刀盘外周边刀具刮碰基座及轨道。在洞门凿除完成后,对刀盘角度进行定位,定位以轨道延展线为定位基准线,确保基座轨道延展线位于刀盘开口处,定位位置如图6所示。

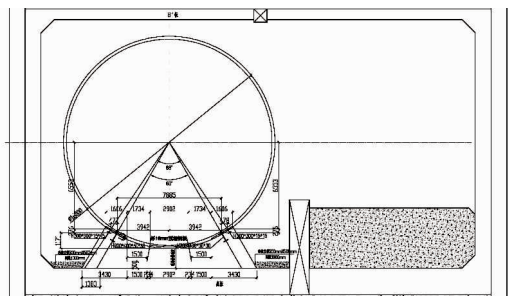


图6 刀盘定位图

3.3 盾构拼装管片过工作井施工技术

3.3.1 管片选型

本次盾构机过站为直线空推过站,每环由底部三块管片作为过站后座支撑管片。根据管片环组合楔形量最小原则,选择1型标准块B1~B3管片及B5~B7管片进行组合作为过站管片,保证过站期间管片总楔形量最小。两组管片及过站期间管片组合选型情况如图7、图8所示。过站管片共计选择25组,将B1~B3、B5~B7两组进行间隔组合)。

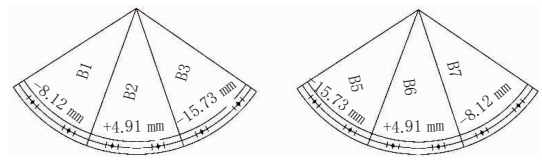


图7 B1~B7管片

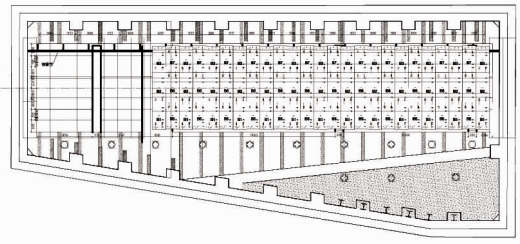


图8 过站管片组合情况图

3.3.2 管片拼装

盾构过站管片采用通缝拼装,为加强管片连接强度,于管片内弧面预埋钢板。管片预埋件具体布置如图9所示。同时,拼装区域焊接4处垫条,作为管片拼装基础。垫块焊接后高度为105 mm、长2 m、宽60 mm。垫条分为两块,底部垫条高65 mm与盾尾进行焊接,焊接位置为拼装区域靠千斤顶位置2 m,上部垫条高40 mm拼装区域与底部垫条全焊接,盾尾环板处不焊接。

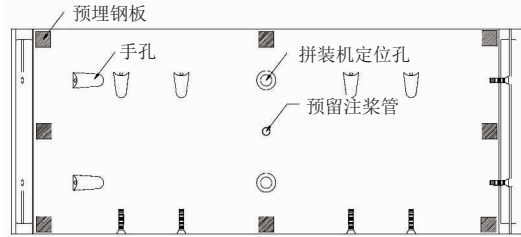


图9 管片预埋件布置图

3.3.3 管片固定

盾构推进拼装到位后,对管片进行固定。选择双头螺柱进行连接固定,填充混凝土作为抗压。施工时,首先对脱出盾尾管片进行管片开孔,之后使用螺杆对穿,底部安装钢板及螺帽,管片内侧安装螺帽。同时进行管片内弧面钢板拉紧。螺杆安装到位后进行管片外弧面混凝土浇筑。

3.4 盾构机推进控制要点

为确保盾构过站稳定性,盾构过站推进使用底部6组油缸进行推进,盾构推进控制要点如下。

(1)千斤顶行程差控制。盾构机的后推力由盾构机行进千斤顶油缸提供。推进前核准千斤顶油缸总行程,推进过程每50 cm核准一次油缸行程,及时调整推进速度,避免千斤顶油缸偏差过大。推进期间,盾构机选择“管片拼装模式”进行推进。

(2)盾构机姿态控制。推进过程中,基座两侧安

排人员观察盾构机姿态,发现啃轨趋势出现,应及时调整相反方向千斤顶油缸行程,及时回纠。同时主要以底部3组油缸推进,避免磕头,确保盾构机以平稳姿态过站。

(3)当管片脱出盾尾时,用钢楔块及时垫放在管片和基座导向方钢之间,落底块管片和基座之间也需及时用钢楔块垫实。每环管片两侧各放置3块,底部两侧各放置3块,每环共12块。

(4)管片拼装控制。每块管片拼装结束后,伸出其所对应千斤顶并加载到所需的推力,然后再进行下一块管片的拼装,如此逐块进行,直至完成每环拼装。同时,拼装后应及时调整千斤顶的顶力,防止盾构姿态发生突变。

(5)管片变形控制。推进期间对管片之间定点位置敷设水泥,作为推进期间管片变形观察点,当出现超预期变形时,及时降低推进速度,调整相关推进油缸推力,防止管片固定连接螺栓在推进过程中受力断裂。

3.5 盾构实际过井

盾构计划过站工期21d,实际过站工期15d,提前6d完成过站任务,有效缩短了工期。本次过站过程中,盾构机共拼装临时管片25环,长度为50m。过站推进过程中,盾构机未出现啃轨、磕头现象,盾构姿态控制良好。本文所述受限空间内大直径空推过井施工关键技术,确保施工圆满达成安全、快速过井的任务目标。

(上接第197页)

本研究为异形空间框架式独塔斜拉桥的主塔施工提供了有力的技术支持,对类似工程具有较高的参考价值。在今后的研究中,可进一步探讨其他类型的斜拉桥主塔施工技术,以满足不同工程的需求。

参考文献:

- [1] 牛伟迪.神农湖独塔斜拉桥设计分析[J].城市道桥与防洪,2021(6):79-84.
- [2] 张成毅,何茂维.双弧形桥塔斜拉桥静力与稳定性分析[J].城市道桥与防洪,2022(10):100-103.
- [3] 张春新,张晶,胡海波.武汉青山长江公路大桥北塔施工关键技术[J].桥梁建设,2019(2):1-6.
- [4] 查道宏,李军堂,胡勇.大跨度斜拉桥钢筋混凝土桥塔快速施工技术发展与展望[J].世界桥梁,2022(4):32-40.
- [5] JTG/T 3365-01-202,公路斜拉桥设计规范[S].

4 结语

本文以北横Ⅷ标盾构工程空推过站实例,介绍了一种在受限空间内设置过渡基座,采取拼装临时管片进行大直径盾构机整体式推进,以达到快速空推过站目的的施工工艺。

北横通道过站盾构工作井周边空间受限,不利于大型起重设备部署及作业,亦不利于周边社会交通组织,若采用传统的分离式过站工艺,即盾构主机和后配套设施分离,则过站施工耗时长、成本高。

采用本文所述的改进型整体式过站施工工艺,可以有效地减少对地方交通影响、节省工期、节约成本,为以后大直径盾构过站、过井施工提供了新的方法和思路。

参考文献:

- [1] 郑岐,罗建晖,李思颖.上海北横通道盾构隧道匝道工作井长度研究[J].上海建设科技,2021(5):1-4.
- [2] 杨云飞.盾构机平移及空推过站施工技术的应用[J].建筑技术开发,2022,49(2):37-39.
- [3] 姚燕明,胡新朋,李发勇,等.狭窄空间内可拆解式盾构过站施工技术及应用——以宁波火车站为例[J].隧道建设(中英文),2020,40(7):1035-1040.
- [4] 徐鹏.西安地铁和平门站盾构机平移、空推过站技术[J].四川建材,2020,46(3):167-168,197.
- [5] 杨立伟.盾构轮式过站施工技术[J].建筑机械化,2019,40(12):62-64.
- [6] 刘小刚,刘卫东,刘志彪,等.盾构整机快速平移过站施工技术[J].施工技术,2021,50(1):113-117,121.
- [6] 朱强,艾华,张美玲.某宽幅矮塔斜拉桥Y形桥塔施工方案优化[J].世界桥梁,2023(2):47-52.
- [7] 罗长维,翁方文.泉州湾跨海大桥主桥桥塔施工关键技术[J].世界桥梁,2022(5):40-47.
- [8] 游勇利,刘辉.支架现浇法塔梁同步施工独塔混凝土斜拉桥仿真分析[J].公路交通科技,2021(12):64-72.
- [9] 刘源,林吉明,董晓兵.秀山大桥桥塔施工关键技术[J].世界桥梁,2020(5):26-31.
- [10] 田雨金,周胜国,李亮.上坝夹江大桥钢箱梁施工方案比选及关键技术[J].公路交通科技,2022(12):115-124.
- [11] 刘岸清,时照东,徐汉斌,等.湍河大桥主桥设计与分析[J].公路,2020(2):130-134.
- [12] 李健刚,杨冰.斜拉桥异形钢索塔锚固区受力敏感性因素分析[J].桥梁建设,2023(3):64-70.
- [13] 袁航,肖翀,严晨曦.伶仃洋大桥桥塔中横梁施工关键控制技术[J].公路,2022(6):78-83.